

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-217208

(43)Date of publication of application : 10.08.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/288

C25D 7/12

H01L 21/768

(21)Application number : 2000-024452

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 01.02.2000

(72)Inventor : KITADA HIDEKI
SHIMIZU NORIYOSHI
HOSODA TSUTOMU

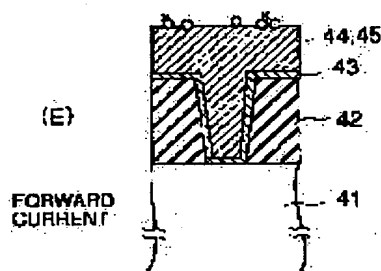
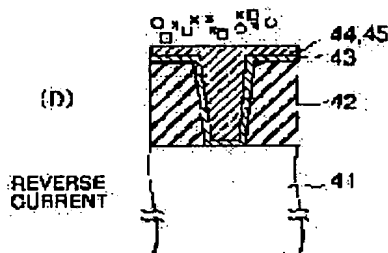
(54) METHOD OF MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress a plating layer in fine recessed sections from rising in a method of manufacturing semiconductor device including a step of filling the fine recessed sections with the plating layer, by performing electroplating in an electroplating solution containing a gloss agent and a retarder.

SOLUTION: When the fine recessed sections are filled with a plating layer, the polarity of the plating current supplied to the electroplating solution is inverted.

(D)～(E)は、本発明の第1実施例による電解めっき工程を含む半導体装置の製造方法を示す図(その2)。



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-217208

(P2001-217208A)

(43) 公開日 平成13年 8 月10日 (2001.8.10)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード* (参考)

H 0 1 L 21/288

H 0 1 L 21/288

E 4 K 0 2 4

C 2 5 D 7/12

C 2 5 D 7/12

4 M 1 0 4

H 0 1 L 21/768

H 0 1 L 21/90

A 5 F 0 3 3

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2000-24452(P2000-24452)

(22) 出願日 平成12年 2 月 1 日 (2000.2.1)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番
1 号

(72) 発明者 北田 秀樹

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番
1 号 富士通株式会社内

(72) 発明者 清水 紀嘉

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番
1 号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100070150

弁理士 伊東 忠彦

最終頁に続く

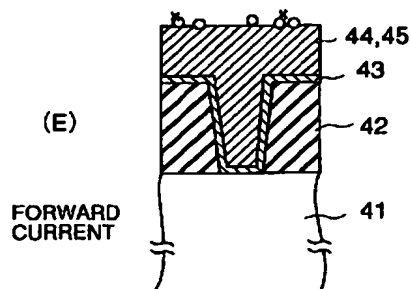
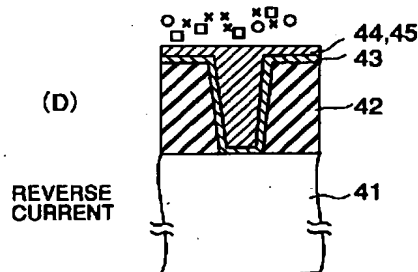
(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 光沢剤と抑止剤とを含む電解めっき液中において電解めっきを行うことにより微細な凹部をめっき層により充填する工程を含む半導体装置の製造方法において、前記凹部においてめっき層が盛り上がるのを抑制する。

【解決手段】 前記微細な凹部がめっき層により充填された時点において、電解めっき液中に通電されるめっき電流の極性を反転させる。

(D)~(E)は、本発明の第1実施例による電解めっき工程を含む半導体装置の製造方法を示す図(その2)



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 開口を有する絶縁膜が被膜された基板を、抑制剤と促進剤とを含んだ電解めっき液中に浸漬する工程と、

前記基板を一方の電極として、前記電解めっき液中に一極性の電流を通電する第 1 の通電工程と、

前記開口が金属めっき層により実質的に充填された時点ないしそれ以降に、前記電流の極性を前記一極性から反転させ、前記電解めっき液中に反対極性の電流を通電する第 2 の通電工程と、

前記基板を一方の電極として、前記電流の極性を前記反対極性から反転させ、前記電解めっき液中に前記一極性の電流を通電する第 3 の通電工程とを、順に有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】 前記第 2 の通電工程は、前記電解めっき液中に、前記反対極性の電流を、パルスとして供給することを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】 前記第 2 の通電工程は、前記電解めっき液中に、前記電流を、非対称交流電流として供給することを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】 前記第 2 の通電工程において、複数有する前記開口のうちない容積が最も小さい開口が前記金属めっき層により実質的に充填された時点で、前記電流の極性を反転させる請求項 1～3 のうち、いずれか一項記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】 基板上に第 1 の層間絶縁膜と、前記第 1 の層間絶縁膜上に形成された第 2 の層間絶縁膜と、前記第 2 の層間絶縁膜中に形成された配線溝と、前記第 1 の層間絶縁膜中に前記配線溝に対応して形成されたビアホールと、前記配線溝および前記ビアホールを充填する導体パターンとよりなる多層配線構造を有する半導体装置の製造方法において、

前記第 2 の層間絶縁膜および前記第 1 の層間絶縁膜中に、前記配線溝および前記ビアホールをそれぞれ形成する工程と、

前記配線溝および前記ビアホールの側壁面および底面を覆うように、前記第 2 の層間絶縁膜上に導電性のめっきシード層を形成する工程と、

前記導電性めっきシード層を形成する工程の後、前記基板を、促進剤と抑制剤とを含むめっき液中に浸漬する工程と、

前記基板を一方の電極として、前記電解めっき液に一極性の電流を通電する第 1 の通電工程と、

前記配線溝およびビアホールが金属めっき層により実質的に充填された時点、あるいはそれ以降において、前記電流の極性を、前記一極性から反転させる第 2 の通電工程と、

前記第 2 の通電工程の後、前記電解めっき液に電流を通電する第 3 の通電工程と、

前記第 2 の層間絶縁膜上の金属めっき層を化学機械研磨法により除去し、前記配線溝および前記ビアホールを埋めるように前記導体パターンを形成する工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は一般に半導体装置に関し、特に Cu 配線パターンを備えた半導体装置およびその製造方法に関する。

10 【0002】半導体装置の微細化が進むにつれて、大規模集積回路を構成する半導体基板上に形成される半導体装置の数は莫大なものになりつつある。このような集積密度の高い高速半導体装置では、半導体基板上に形成された半導体装置を相互に接続する配線パターンも非常に複雑なものになっており、またその総延長も非常に長くなっている。これに伴い、今日の先端的な大規模集積回路装置では、配線パターンの寄生抵抗あるいは寄生容量に起因する信号の遅延が無視できなくなっており、このため従来より配線パターンとして使われていた Al ある

20 いは Al 合金の代わりに、より低抵抗の Cu を使うことが行われている。

【0003】また、このように複雑な配線パターンは、従来のように単一の配線層により形成することは困難で、このため今日の大規模集積回路装置では、一の配線パターンを層間絶縁膜で覆い、かかる層間絶縁膜上に次の配線パターンを形成し、さらにこれを次の層間絶縁膜で覆う構成を繰り返す、いわゆる多層配線構造が使われるようになってきている。特にかかる多層配線構造において Cu 配線パターンを使う場合には、Cu 層のドライエッチング技術が現状では確立されていないため、あらかじめ層間絶縁膜中に配線溝あるいはコンタクトホールを先に形成しておき、これを Cu 層で埋めた後、層間絶縁膜上に残留している Cu 層を化学機械研磨 (CMP) 法により研磨・除去する、いわゆるダマシン法、あるいはデュアルダマシン法が使われている。

30 【従来の技術】従来より、かかる層間絶縁膜中に形成された配線溝あるいはコンタクトホールを Cu 層により埋める際に、Cu 層を CVD 法あるいはスパッタリフロー法により、あるいは電解めっき法により形成することが行われているが、特に電解めっき法は低い製造費用で効率よく溝を Cu 層により埋め込むことが可能であるため、半導体装置の量産方法として有力な候補であると考えられる。

40 【0004】図 1 は、従来より Cu 配線層の形成に使われている電解めっき装置の構成を示す。

【0005】図 1 を参照するに、めっき液溜 11 中に保持された、典型的には硫酸銅水溶液よりなる Cu のめっき液は、チラー 11A およびヒータ 11B により温度制御され、フィルタ 11C を通過した後循環ポンプ 11D により、めっき浴 12 に供給される。

3

【0006】めっき浴 12 中にはアノード電極 12A がめっき液中に水没した状態で保持されており、まためっき液水面近傍には、基板 13 を保持する基板ホルダ 13A が、前記基板 13 が前記めっき液中に水没するように保持されている。前記基板 13 の表面にはカソード電極 12B が設けられており、この状態で、前記アノード電極 12A と前記カソード電極 12B との間にパルス発生器 14A により制御される電源 14B よりパルス電圧を印加することにより、前記基板 13 の表面に Cu 層が堆積させられる。

【0007】前記めっき浴 12 においてあふれためっき液は、再びめっき液溜 11 に戻される。

【0008】図 2 (A) ~ 図 3 (E) は、かかるめっき法による Cu 配線層の形成工程を含む、いわゆるダマシン法による多層配線構造の形成工程を示す。

【0009】図 2 (A) を参照するに、Si 基板 21 上に形成された層間絶縁膜 22 中には、前記 Si 基板 21 を露出するコンタクトホールあるいは配線溝等の凹部 22A が形成され、図 2 (B) の工程において前記層間絶縁膜 22 上に前記凹部 22A を覆うように、Ti 等よりなるバリアメタル層 23 が、典型的にはスパッタリングにより、前記凹部 22A の断面形状に沿って形成される。

【0010】次に、図 2 (C) の工程において、図 2 (B) の構造上に Cu のシード層 24 が、典型的にはスパッタリングにより、前記凹部 22A の断面形状に沿って形成され、図 3 (D) の工程において前記図 1 のめっき装置中において、前記 Cu シード層 24 上に Cu めっき層 25 が、前記バリアメタル層 23 および Cu シード層 24 をカソード電極として成長させられる。

【0011】さらに図 3 (E) の工程において、前記 Cu めっき層 25、その下の Cu シード層 24、さらにその下のバリアメタル層 23 が、前記層間絶縁膜 22 上の部分において CMP 法により研磨・除去され、その結果前記凹部 22A を埋める Cu 配線パターン 25A が得られる。

【0012】このような電解めっき法による Cu 配線パターン 25A の形成工程において、得られる Cu めっき層 25 の厚さを均一化するために、従来より、例えば特開平 5-195183 号公報に記載されているように、前記アノード電極 12A に印加される電圧を反転、ないし部分的に反転させることが行われていた。

【0013】図 4 (A) は、図 1 の電解めっき装置において、前記アノード電極 12A に正の直流電圧を、所定の電流 I_c が前記めっき浴 12 において前記めっき液中を前記アノード電極 12A からカソード電極 12B に流れるように印加した場合を示す。これに対し、図 4

(B) に示すように、前記電流 I_c を、持続時間が T_{ON} の定電流パルスが間隔 T_{OFF} で繰り返されるように印加することにより、あるいは図 4 (C) に示すように交互

4

に繰り返し逆電流パルスを印加することにより、さらには図 4 (D) に示すように非対称交流電流の形で繰り返し印加することにより、形成される Cu めっき層 25 の厚さを均一にすることが提案されている。

【0014】しかし、このような従来の Cu めっき層 25 の形成方法では、図 5 (A) に示すようにコンタクトホールあるいは配線溝の上縁部に電界の集中が生じやすく、このため図 5 (B) に示すようにかかる電界集中部において Cu めっき層 25 の成長速度が増大する傾向が生じる。図 5 (B) を参照するに、かかる電界集中部においては、Cu めっき層 25 が上方のみならず側方にも成長するため、特に前記凹部 22A の幅あるいは径が $0.5 \mu m$ 以下になった場合、前記凹部 22A を重点する Cu 配線パターン 25A 中にボイド 25X が形成されやすい。

【0015】このため従来より、このような非常に微細なコンタクトホールあるいは配線溝を Cu めっき層により充填する際に、Cu めっき液中に抑止剤（成長抑制剤）と光沢剤（成長促進剤）を導入し、Cu めっき層 25 の成長を制御することが行われている。抑止剤は、例えばポリエチレングリコール（PEG）のような鎖状分子構造を有する高分子化合物であり、カソード表面、すなわち基板表面の分極を増大させ、Cu めっき層の成長を抑制する。抑止剤は微細な配線溝やコンタクトホール等の凹部 22A 中に進入できないため、層間絶縁膜 22 表面近傍に滞留し、このような平坦な領域において Cu めっき層 25 の成長を抑制する。なお、本文で述べる抑止剤とは、分子量が PEG 等に比較して小さいメチルアミン系化合物等の平滑剤を含むものとする。これに対し、光沢剤はチオ尿酸ナトリウムのような単純な構造の S を含む化合物であり、核生成を促すと同時に、析出速度を増大させる。かかる光沢剤は前記凹部 22A 中に容易に進入し、前記凹部 22A 中における Cu めっき層 25 の成長を促進する。S は Cu に対して強い親和性を示すことが知られている。

【0016】図 6 (A) ~ 6 (C) は、このような抑止剤と光沢剤を含む Cu めっき液を使った、Cu めっき層 25 の形成工程を示す。

【0017】図 6 (A) を参照するに、○で模式的に示す抑止剤は層間絶縁膜 22 の表面近傍に滞留しており、凹部 22A 中には侵入しない。これに対して×で示す光沢剤の方は前記凹部 22A を含め、層間絶縁膜 22 上に一様に分布しているため、Cu めっき層 25 の成長は図 6 (B) に示すように前記凹部 22A 中において優先的に生じ、得られた構造では、図 6 (C) に示すように、前記 Cu めっき層 25 が、前記凹部 22A を、ボイドや欠陥を形成することなく、完全に充填することがわかる。

【発明が解決しようとする課題】一方、本発明の基礎となる研究において、本発明の発明者は、このように Cu

めっき液中に抑止剤と光沢剤とを添加した、いわゆるボトムアップ方式の電解めっき法では、前記凹部 22A のような層間絶縁膜中の微細な凹部中におけるボイドの形成は抑制することができるものの、形成される Cu めっき層 25 が、前記凹部 22A において成長が促進される結果、図 6 (C) に示すように盛り上がってしまい、得られる Cu めっき層 25 の平坦性が失われてしまう問題が生じるのが見出された。このような Cu めっき層 25 の盛り上がりは、図 7 (A) に示すように配線パターンあるいはコンタクトホールが密集している領域においては集合して実質的な面積を有する凸部を形成するため、図 7 (B) に示すようにこのような凸部が平坦化するように CMP 工程を行った場合、配線パターンの密度が低い領域、あるいは配線幅の大きい領域においてディッシングおよびエロージョン量の増大が発生してしまう。そこで、このようなディッシングやエロージョンが発生した配線層上に次の層間絶縁膜を形成し、さらにその上に次の配線層を形成することを繰り返すと、多層配線構造中において配線パターンの断線等の問題が発生してしまう。

【0018】そこで、本発明は上記の課題を解決した、新規で有用な半導体装置およびその製造方法を提供することを概括的課題とする。

【0019】本発明のより具体的な課題は、成長抑制剤と成長促進剤とを含んだ Cu の電解めっき液中において、絶縁膜中に形成された凹部を埋めるように Cu めっき層を形成する工程を含む半導体装置の製造方法において、前記凹部における Cu めっき層の盛り上がりを抑制することにある。

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の課題を、開口を有する絶縁膜が被膜された基板を、抑制剤と促進剤とを含んだ電解めっき液中に浸漬する工程と、前記基板を一方の電極として、前記電解めっき液中に一極性の電流を通電する第 1 の通電工程と、前記開口が金属めっき層により実質的に充填された時点ないしそれ以降に、前記電流の極性を前記一極性から反転させ、前記電解めっき液中に反対極性の電流を通電する第 2 の通電工程と、前記基板を一方の電極として、前記電流の極性を前記反対極性から反転させ、前記電解めっき液中に前記一極性の電流を通電する第 3 の通電工程とを、順に有することを特徴とする半導体装置の製造方法により、あるいは基板上に第 1 の層間絶縁膜と、前記第 1 の層間絶縁膜上に形成された第 2 の層間絶縁膜と、前記第 2 の層間絶縁膜中に形成された配線溝と、前記第 1 の層間絶縁膜中に前記配線溝に対応して形成されたビアホールと、前記配線溝および前記ビアホールを充填する導体パターンとよりなる多層配線構造を有する半導体装置の製造方法において、前記第 2 の層間絶縁膜および前記第 1 の層間絶縁膜中に、前記配線溝および前記ビアホールをそれぞれ形成する工程と、前記配線溝および前記ビアホールの

側壁面および底面を覆うように、前記第 2 の層間絶縁膜上に導電性のめっきシード層を形成する工程と、前記導電性めっきシード層を形成する工程の後、前記基板を、促進剤と抑制剤とを含むめっき液中に浸漬する工程と、前記基板を一方の電極として、前記電解めっき液に一極性の電流を通電する第 1 の通電工程と、前記配線溝およびビアホールが金属めっき層により実質的に充填された時点、あるいはそれ以降において、前記電流の極性を、前記一極性から反転させる第 2 の通電工程と、前記第 2 の通電工程の後、前記電解めっき液中に電流を通電する第 3 の通電工程と、前記第 2 の層間絶縁膜上の金属めっき層を化学機械研磨法により除去し、前記配線溝および前記ビアホールを埋めるように前記導体パターンを形成する工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法により、解決する。

【0020】本発明によれば、電解めっき液中に抑制剤を導入することにより、電界集中に起因して凹部縁辺部において局所的に生じやすい金属めっき層の膜厚の増大を回避することができる。さらに前記電解めっき液中に促進剤を導入することにより、微細な凹部内における金属めっき層の堆積を促進することができる。

【0021】その際本発明では、前記微細な凹部が金属めっき層によりおおそ充填された時点において、前記電解めっき液中に通電されている電流の極性を、それまでの第 1 の極性から第 2 の極性に反転させ、前記凹部を充填する金属めっき層の表面をわずかに溶解させる。これに伴い、前記金属めっき層を構成する金属元素に対して高い親和性を有し、その結果前記微細な凹部に対応する領域において前記金属めっき層表面と結合していた促進剤が、前記金属めっき層の溶解と共にめっき液中に分散する。換言すると、かかる電流の極性反転に伴い、前記促進剤の前記金属めっき層表面における局在化が解消する。その結果、再び前記金属めっき層上に電解めっきを再開した場合、もはや前記凹部に対応する領域における局所的な金属めっき層の厚さの増大は生じることがなく、平坦な金属めっき層が得られる。

【0022】かかる電解めっき液に通電される電流の極性反転は、前記凹部が充填された時点あるいはそれ以降においてインパルス的に行っても、あるいは周期的に行っても、さらには非対称交流電流の形で行ってもかまわない。特に、基板上に複数の凹部が存在する場合、かかる電解めっき電流の極性反転は、径あるいは幅が最小の凹部が金属めっき層により充填された時点において行うのが好ましい。

【発明の実施の形態】〔第 1 実施例〕図 8 (A) ~ 図 9 (E) は、本発明の第 1 実施例による半導体装置の製造方法を示す。

【0023】図 8 (A) を参照するに、MOS トランジスタ等の活性素子およびこれに協働する配線パターン、さらに絶縁膜を含む基板 41 上には層間絶縁膜 42 が形

成され、前記層間絶縁膜42中には溝あるいはビアホールを構成する凹部42Aが形成される。典型的な例では、前記凹部42Aは幅が0.2から0.5 μ m程度で深さが500nm程度のラインアンドスペースパターンを形成する。さらに、前記層間絶縁膜42上には、前記凹部42Aを覆うようにTa₂N₅拡散障壁層43がスパッタリングにより形成されており、さらに前記Ta₂N₅層43上にはCuのシード層44がスパッタリングあるいはCVD法により、例えば300nm程度の厚さに形成される。

【0024】図8(A)の状態では、このように形成された基板が、PEG等の抑止剤およびチオ尿酸ナトリウムのようなSを含む光沢剤を添加されたCuめっき液中に浸漬される。その際、抑止剤は分子サイズが大きいため微細な凹部42A中には進入できず層間絶縁膜42の平坦な表面に対応した、Cuシード層44の平坦な表面を覆うのに対し、光沢剤は凹部42A中に進入する。

【0025】この状態で前記Cu電解液中に、前記基板41をカソードとして、換言すると前記Cuシード層44をカソードとして通電すると、Cuと光沢剤中のSとの間の親和性により、図8(B)に示すように前記凹部42A中においてCuめっき層45の成長が選択的に生じる。一方、前記Cuシード層44の平坦な表面部分上においてはCuめっき層45の成長は、供給されたCu量の分(電荷分)だけ成長する。

【0026】その結果、図8(C)に示すように、前記凹部42AがCuめっき層45により実質的に完全に充填され、しかも前記Cuめっき層45の表面が平坦になった状態が出現する。しかし、この状態においても、前記光沢剤はCuとの強い親和性の結果、前記Cuめっき層45のうち、前記凹部42Aに対応する部分に局在しており、この状態で電解めっきを継続すると、先に従来技術で説明したのと同様なCuめっき層45の盛り上がりの問題が生じてしまう。

【0027】そこで、本実施例では図8(C)の状態が出現した時点で、図9(D)に示すように前記電解液中に通電される電流の極性を反転させ、前記Cuめっき層45の表面部分をわずかに液中に溶解させる。この工程により、前記Cuめっき層45上に前記凹部42Aに対応して局在化していた光沢剤は、結合していたCu原子と共に、Cuイオンの形で電解液中に分散し、光沢剤の局在化が解消される。

【0028】このように、図9(D)の工程において前記極性の反転がなされた後、図9(E)の工程において前記電解液中に当初の極性で電流を通電することにより、平坦なCuめっき層45が、一様に成長する。

【0029】図10(A)～(C)は、図9(D)の工程において実行されるめっき電流の極性反転の例を示す。

【0030】図10(A)～(C)を参照するに、図1

0(A)は、単一の極性反転パルスの形で極性反転を行った場合を、図10(B)は、パルス極性反転を繰り返した行った場合を、さらに図10(C)は、前記極性反転の際にめっき電流を非対称交流の形で供給した場合を示す。

【0031】図11は、開口部幅がaおよび2aの凹部をCuめっき層で充填する際に、図9(D)のタイミングにおいて様々な極性反転モードを使った場合の、実測された盛り上がり高さを任意単位で示す図である。ただし図11中、aと示してあるのは、開口部幅がaの凹部を充填した場合を、また2aと示してあるのは、開口部幅が2aの凹部を充填した場合を示す。

【0032】図11を参照するに、「標準条件」と表記した、めっき電流の極性反転を一切行わない従来の場合には、凹部に対応して前記層45に対応するCuめっき層の実質的な盛り上がりが生じているのがわかる。このうち、開口部幅がaの場合の方が、2aの場合よりも盛り上がりの程度は大きくなっているのがわかる。これに対し、「条件1」と表記した、図9(D)のタイミングにおいて極性の反転は行わず、めっき液中に添加される光沢剤と抑止剤の濃度を変化させた場合には、「標準条件」と実質的に同程度の盛り上がりがあり、Cuめっき層において生じているのがわかる。

【0033】一方、図9(D)のタイミングにおいて、先の図10(A)に示すような単一の極性反転パルスを1秒間与えた場合(「パルス条件1」)、盛り上がりの程度は多少減少しているのがわかる。一方、この極性反転パルスの長さを5秒間とした場合には(「パルス条件2」)、盛り上がりの程度は標準条件と同程度になってしまう。これに対し、図10(B)に示すような極性反転パルスを繰り返し与えた場合には、図11中に「パルス条件3」あるいは「パルス条件4」で示すように、Cuめっき層の盛り上がりは実質的に減少し、特に開口部幅が2aの場合には、実質的にゼロになる。ただし、

「パルス条件3」においては、持続時間がいずれも1秒間の順極性のパルスと逆極性のパルスを、交互に繰り返し、20秒間にわたり供給する。これに対し、「パルス条件4」においては、持続時間がいずれも0.5秒間の順極性のパルスと逆極性のパルスを、交互に繰り返し、20秒間にわたり供給する。

【0034】図11の結果は、特に図9(D)のタイミングにおいて、図10(B)に示すような極性反転パルスを繰り返し印加するのが、Cuめっき層の盛り上がり抑制するのに特に有効であることを示している。ただし、この現象のメカニズムは、現在のところ解明されていない。

【0035】本発明においては、図9(D)のタイミングの検出は、時間計測により行う。

【0036】図12(A)、(B)は、様々なサイズの凹部をCuめっき層により充填する際の、充填の深さと

時間の関係を示す。

【0037】図12(A)を参照するに、縦軸は図12(B)に定義する、Cuめっき層により部分的に充填された凹部の、層間絶縁膜表面から測った深さ("Bottom Thickness")を、また横軸は図12(B)に定義する、平坦な層間絶縁膜上で測ったCuめっき層の厚さ("Actual plate thickness")を表すが、前記平坦な層間絶縁膜上で測ったCuめっき層の厚さは、時間に対応する。図12(A)において、縦軸がゼロの位置が、前記凹部が完全に充填された状態に対応している。

【0038】図12(A)に示すように、縦軸に示す充填の深さは、○、◆、×で示すように充填される凹部のサイズに対応する固有の特性曲線により規定されるため、かかる特性曲線に基づいて、図9(D)のタイミングをめっき開始時点からの時間により決定することが可能である。

【0039】なお、先に図7(A)、(B)に示したような基板上に大きさの異なる複数の凹部ないし開口部が存在する場合には、前記めっき電流の極性を反転させるタイミングを、盛り上がりよりもっと顕著に現れる最小寸法の凹部が完全に充填されるタイミングにおおよそ一致するように選ぶのが好ましい。

【第2実施例】図13(A)～図14(E)は、本発明をデュアルダマシン法による多層配線構造の形成に適用した、本発明の第2実施例による半導体装置の製造方法を示す。

【0040】図13(A)を参照するに、基板61上には、Cu配線パターン62Aを保持する第1層目のSiO₂層間絶縁膜62が約1μmの厚さに形成されており、前記層間絶縁膜62は、厚さが約500nmのSiNエッチングストップ膜63を介して、約1μmの厚さの第2層目のSiO₂層間絶縁膜64により覆われている。さらに、前記第2層目のSiO₂層間絶縁膜64は、同じく約500nmの厚さを有する別のSiNエッチングストップ膜65を介して、厚さが約1μmの第3層目のSiO₂層間絶縁膜66により覆われている。また、前記第2層目のSiO₂層間絶縁膜64中には、前記層間絶縁膜62中に埋め込まれたCu配線パターン62Aを露出する、径が0.5μm以下、典型的には約0.25μmのビアホール64Aが、前記SiNエッチングストップ膜65を貫通して形成されており、さらに前記第3層目のSiO₂層間絶縁膜66には、前記ビアホール64Aに対応して、幅が0.2～10μm程度の配線溝66Aが、レジストパターン67を使ったレジストプロセスにより形成されている。

【0041】前記レジストパターン67を除去した後、図13(B)の工程において図13(A)の構造上に前記配線溝66Aおよびビアホール64Aの底面および側壁面を覆うように、Ta₂N₅障壁層68がスパッタリングにより形成され、さらに前記障壁層68上にはCuめ

きシード層69が、同じくスパッタリングにより形成される。

【0042】次に図13(C)の工程において、前記図13(B)の構造を、抑止剤と光沢剤とを添加したCuめっき液中に浸漬し、前記めっきシード層69をカソードとして使い、前記Cuめっき液中にめっき電流を通電することにより、前記ビアホール64AをCuめっき層70により充填する。その際、前記ビアホール64Aが前記Cuめっき層70により充填された時点において、前記めっき電流の極性を、好ましくは図10(B)で説明したように逆極性パルスを繰り返し供給することにより、反転させる。その結果、前記ビアホール64Aに対応した光沢剤の局在化が解消し、再び前記めっきシード層69をカソードとした電解めっきを継続することにより、前記Cuめっき層70が前記配線溝66Aを充填するように形成される。その際、前記配線溝66Aが微細で幅が典型的には0.5μm以下である場合には、前記配線溝66Aが充填された時点あるいはそれ以降において再び逆極性の電流パルスを供給するようにしてもよい。その結果、図13(C)に示すように、前記Cuめ

っき層70が前記配線溝66Aを充填し、しかも前記配線溝66Aに対応した盛り上がりのない構造が得られる。

【0043】さらに前記Cuめっき層70の成長を継続することにより、図14(D)に示す構造が得られ、さらに前記層間絶縁膜66表面のCuめっき層70およびバリアメタル層68を化学機械研磨により除去することにより、図14(E)に示す、前記Cuめっき層70よりなる配線パターン70Aを備えた所望の多層配線構造が得られる。

【0044】以上、本発明を好ましい実施例について説明したが、本発明はかかる特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した要旨内において、様々な変形・変更が可能である。

【0045】要約すると、本発明の特徴は以下のとおりとなる。

【0046】(1) 開口を有する絶縁膜が被膜された基板を、抑制剤と促進剤とを含んだ電解めっき液中に浸漬する工程と、前記基板を一方の電極として、前記電解めっき液中に一極性の電流を通電する第1の通電工程と、前記開口が金属めっき層により実質的に充填された時点ないしそれ以降に、前記電流の極性を前記一極性から反転させ、前記電解めっき液中に反対極性の電流を通電する第2の通電工程と、前記基板を一方の電極として、前記電流の極性を前記反対極性から反転させ、前記電解めっき液中に前記一極性の電流を通電する第3の通電工程とを、順に有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

(2) 前記第2の通電工程は、前記電解めっき液中に、前記反対極性の電流を、パルスとして供給すること

を特徴とする(1)記載の半導体装置の製造方法。

(3) 前記第2の通電工程は、前記電解めっき液中に、前記反対極性の電流を、パルス状に繰り返し、周期的に供給することを特徴とする(1)記載の半導体装置の製造方法。

(4) 前記第2の通電工程は、前記電解めっき液中に、前記電流を、非対称交流電流として供給することを特徴とする(1)記載の半導体装置の製造方法。

(5) 前記第2の通電工程において、複数有する前記開口のうちない容積が最も小さい開口が前記金属めっき層により実質的に充填された時点で、前記電流の極性を反転させる(1)～(4)のうち、いずれか一項記載の半導体装置の製造方法。

(6) 基板上に第1の層間絶縁膜と、前記第1の層間絶縁膜上に形成された第2の層間絶縁膜と、前記第2の層間絶縁膜中に形成された配線溝と、前記第1の層間絶縁膜中に前記配線溝に対応して形成されたビアホールと、前記配線溝および前記ビアホールを充填する導体パターンとよりなる多層配線構造を有する半導体装置の製造方法において、前記第2の層間絶縁膜および前記第1の層間絶縁膜中に、前記配線溝および前記ビアホールをそれぞれ形成する工程と、前記配線溝および前記ビアホールの側壁面および底面を覆うように、前記第2の層間絶縁膜上に導電性のめっきシード層を形成する工程と、前記導電性めっきシード層を形成する工程の後、前記基板を、促進剤と抑制剤とを含むめっき液中に浸漬する工程と、前記基板を一方の電極として、前記電解めっき液に一極性の電流を通電する第1の通電工程と、前記配線溝およびビアホールが金属めっき層により実質的に充填された時点、あるいはそれ以降において、前記電流の極性を、前記一極性から反転させる第2の通電工程と、前記第2の通電工程の後、前記電解めっき液に電流を通電する第3の通電工程と、前記第2の層間絶縁膜上の金属めっき層を化学機械研磨法により除去し、前記配線溝および前記ビアホールを埋めるように前記導体パターンを形成する工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【0047】

【発明の効果】本発明によれば、絶縁膜中に形成された凹部を光沢剤と抑止剤とを添加した電解めっきにより、導電材料により充填する際に、前記凹部が充填された時点でめっき液中に通電される電流の極性を反転させることにより、形成された前記導電材料よりなる電解めっき層のうち前記凹部に対応する領域上における光沢剤の局在化が解消し、その結果、電解めっきをさらに継続した場合に従来生じていた、かかる凹部に対応した領域における電解めっき層の盛り上がりの問題が解消される。本発明では得られる構造が平坦であり、多層配線構造の形成に好適である。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の電解めっき装置の構成を示す図である。

【図2】(A)～(C)は、電解めっき法を使った従来の多層配線構造の形成方法を示す図(その1)である。

【図3】(D)～(E)は、電解めっき法を使った従来の多層配線構造の形成方法を示す図(その2)である。

【図4】(A)～(D)は、従来の電解めっきで使われている様々な通電モードを示す図である。

【図5】(A)、(B)は、従来の電解めっきで生じる問題点を説明する図である。

10 【図6】(A)、(B)は、前記図5の問題点を解決するために提案されている別の従来の電解めっき法を説明する図である。

【図7】(A)、(B)は、図6の方法において生じる問題点を説明する図である。

【図8】(A)～(C)は、本発明の第1実施例による電解めっき工程を含む半導体装置の製造方法を示す図(その1)である。

20 【図9】(D)～(E)は、本発明の第1実施例による電解めっき工程を含む半導体装置の製造方法を示す図(その2)である。

【図10】(A)～(C)は、本発明の第1実施例で使われる電解めっき電流の例を示す図である。

【図11】本発明の第1実施例による電解めっき層の盛り上がり抑制効果を示す図である。

【図12】(A)、(B)は、時間計測に基づく電解めっき電流の極性反転タイミングを決定する原理を示す図である。

30 【図13】(A)～(C)は、本発明の第2実施例による、多層配線構造を有する半導体装置の製造方法を示す図(その1)である。

【図14】(E)～(F)は、本発明の第2実施例による、多層配線構造を有する半導体装置の製造方法を示す図(その2)である。

【符号の説明】

11 めっき液溜

11A チラー

11B ヒータ

11C フィルタ

11D 循環ポンプ

40 12 めっき浴

12A アノード電極

12B カソード電極

13 基板

13A 基板ホルダ

14A パルス発生器

14B 電源

21, 41, 61 基板

22, 42, 62, 64, 66 層間絶縁膜

22A, 42A, 64A ビアホール

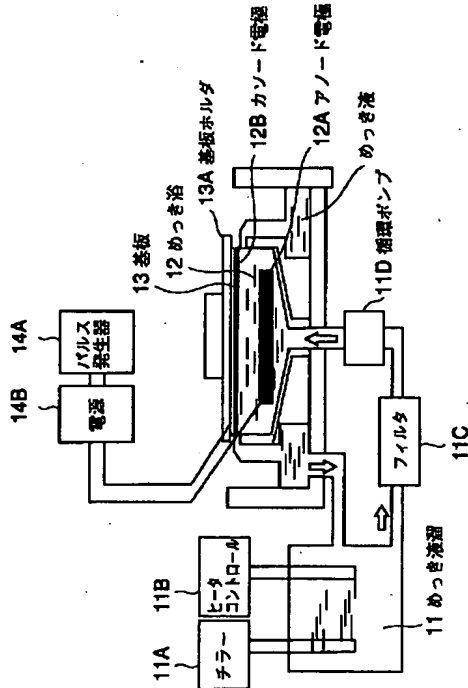
50 23, 43, 68 バリアメタル層

13

24, 44, 69 Cuシード層
 25, 45, 70 Cuめっき層
 25A, 62A, 70A Cu配線パターン
 25X ボイド

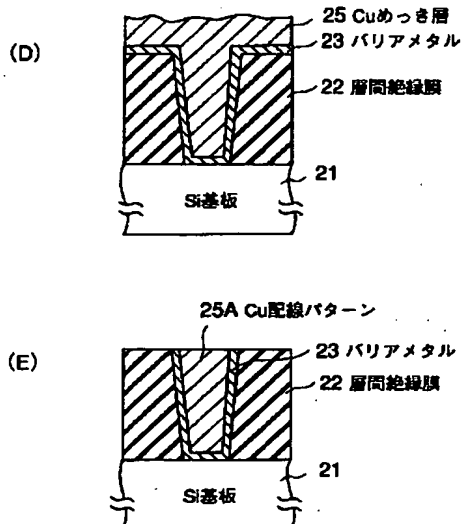
【図1】

従来の電解めっき装置の構成を示す図



【図3】

(D)～(E)は、電解めっき法を使った従来の多層配線構造の形成方法を示す図(その2)

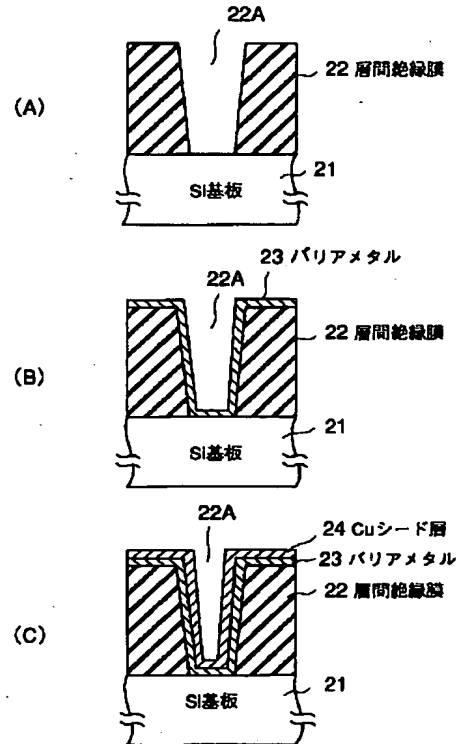


14

63, 65 エッチングストップ
 66A 配線溝
 67 レジストパターン

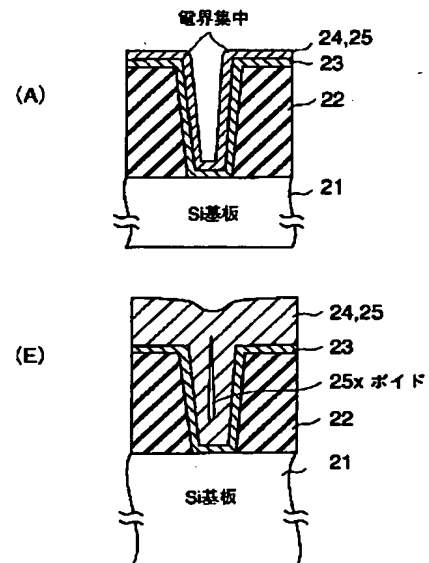
【図2】

(A)～(C)は、電解めっき法を使った従来の多層配線構造の形成方法を示す図(その1)



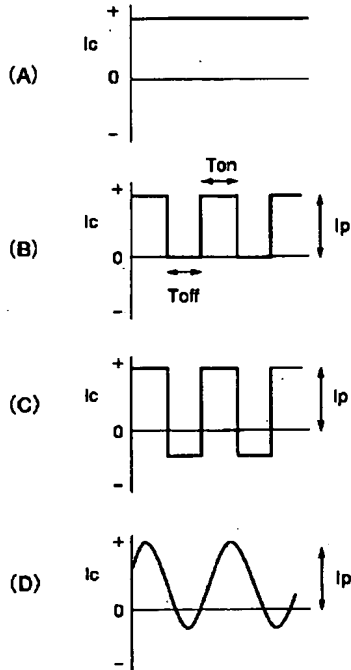
【図5】

(A), (B)は、従来の電解めっきで生じる問題点を説明する図



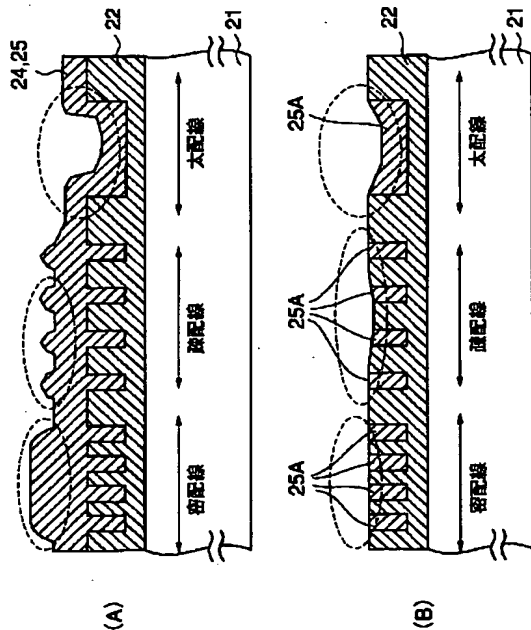
【図 4】

(A)～(D)は、従来の電解めっきで使われている様々な通電モード方法を示す図(その2)



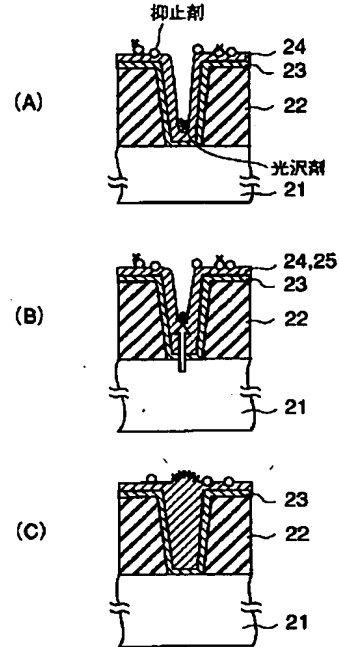
【図 7】

(A), (B)は、図6の方法において生じる問題点を説明する図



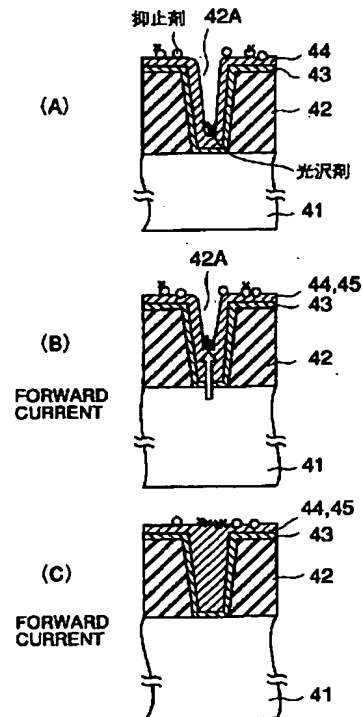
【図 6】

(A), (B)は、前記図5の問題点を解決するために提案されている別の従来の電解めっき法を説明する図



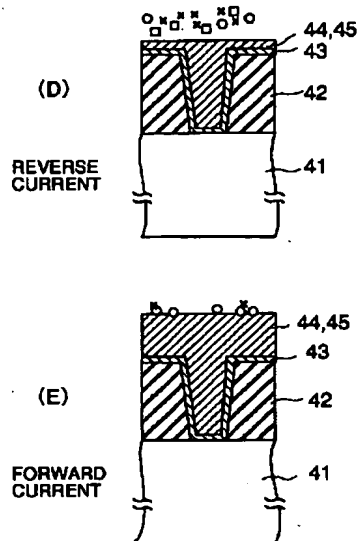
【図 8】

(A)～(C)は、本発明の第1実施例による電解めっき工程を含む半導体装置の製造方法を示す図(その1)



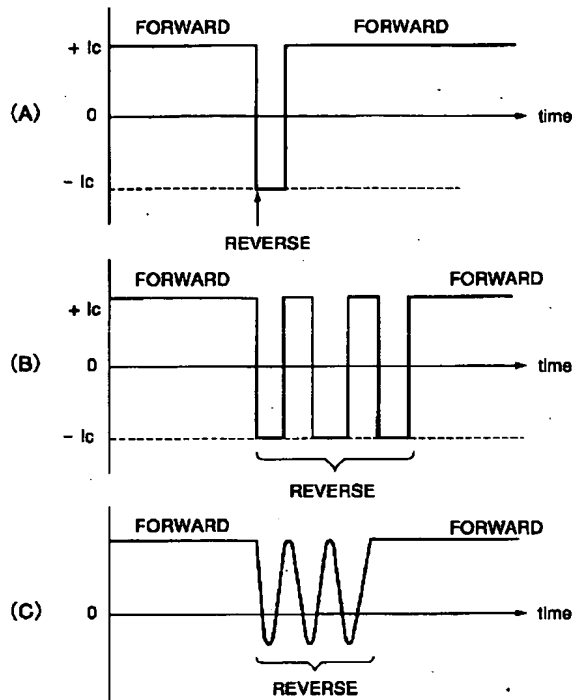
【図 9】

(D)～(E)は、本発明の第1実施例による電解めっき工程を含む半導体装置の製造方法を示す図(その2)



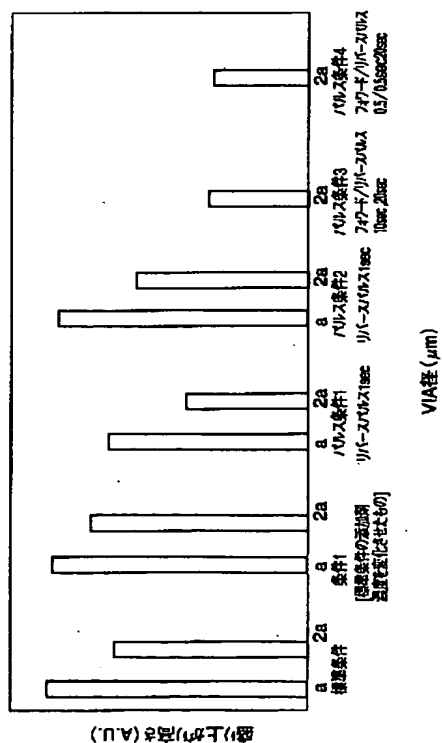
【図 10】

(A)～(C)は、本発明の第1実施例で使われている電解めっき電流の例を示す図



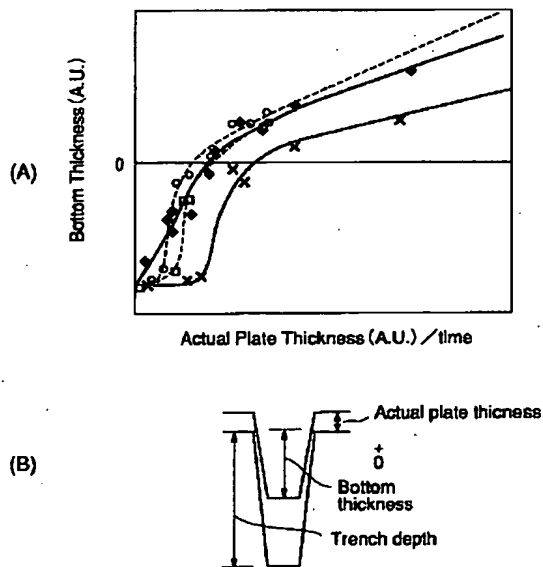
【図 11】

本発明の第1実施例による電解めっき層の盛り上がり抑制効果を示す図



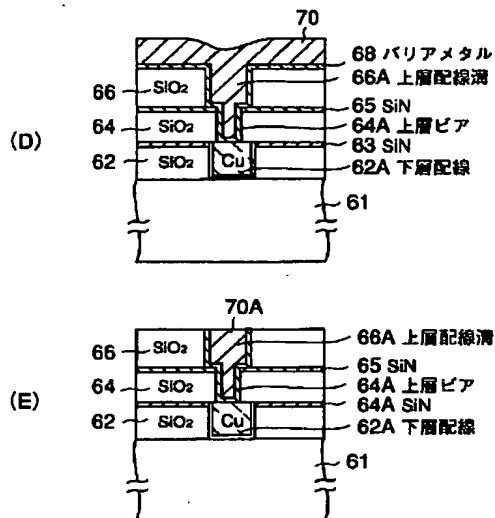
【図 12】

(A), (B)は、時間計測に基づく電解めっき電流の極性反転タイミングを決定する原理を示す図



【图 14】

(D)、(E)は、本発明の第2実施例による、多層配線構造を有する半導体装置の製造方法を示す図(その2)



(72)発明者 細田 勉
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

```
F ターム(参考) 4K024 AB03 AB15 BB12 BC10 CA02
                  CA07 CA08 CB05 CB13 CB21
                  DB07 GA16
                  4M104 BB04 BB32 DD52 FF18 FF22
                  HH20
                  5F033 HH11 HH32 JJ01 JJ11 JJ32
                  KK11 MM02 MM12 MM13 NN06
                  NN07 PP06 PP15 PP27 PP33
                  QQ09 QQ10 QQ25 QQ37 RR04
                  RR06 TT02 XX00
```